Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 12, No. 2, Summer 2020, p. 151-167

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۱۶۷-۱۵۱

مقاله علمی- پژوهشی

تعیین ارزش غذایی، قابلیت هضم دانه، غلاف و پوسته دانه باقلا با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی

سلیمان بدرزاده اورنج[۱]، جمال سیف دواتی[*۲]، فرزاد میرزائی آقچه قشلاق[۳]، حسین عبدی بنمار[۲]، رضا سیدشریفی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۶

چکیده

لازمه استفاده بهینه از اجزای و پسماند باقلا در تغذیه دام آگاهی از کیفیت و ترکیبات مغذی آن می باشد. هدف از این تحقیق تعیین ارزش غذایی، انرژی متابولیسمی، قابلیت هضم شکمبه ای و بعد از شکمبه ای در اجزای مختلف باقلا *Vicia faba* L. به صورت خام و فرآوری شده با اوره و ملاس با استفاده از روش‌های *in situ* و *in vitro* بود. نتایج نشان داد که ترکیبات شیمیایی، پتانسیل و نرخ تولید گاز، ماده آلی قابل هضم، انرژی متابولیسمی، و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر بین اجزای مختلف باقلا دارای اختلاف معنی‌دار هستند. همچنین نتایج نشان داد که فرآوری غلاف باقلا با ۳ درصد ملاس و ۱/۵ درصد اوره به دلیل فراهمی همزمان و مناسب اسکلت کربنی و منبع نیتروژن موجب کاهش میزان الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی آن و به عبارتی افزایش قابلیت هضمی آن شد. براساس نتایج حاصل، بیشترین میزان قابلیت هضم ماده آلی در ماده خشک و انرژی متابولیسمی در اثر عمل‌آوری غلاف باقلا با ۴/۵٪ ملاس و ۱/۵٪ اوره (۴/۵ + ۱/۵ درصد ماده خشک) مشاهده گردید. با افزایش سطح ملاس قابلیت هضم ماده خشک در غلاف باقلا در کل دستگاه گوارش افزایش یافت. دانه باقلا دارای ارزش غذایی بیشتری نسبت به سایر اجزای آن بوده و مقدار فیبر در پوسته دانه بیشتر بود. به طور کلی دانه باقلا با پروتئین حدود ۲۴/۷۱ درصد و انرژی قابل متابولیسم ۸/۹۴ مگاژول برکیلوگرم دارای ارزش غذایی خوبی برای تغذیه دام است. لیکن غلاف باقلا نیز ارزش تغذیه‌ای مناسبی به عنوان منبع فیبر غیرعلوفه‌ای برای نشخوارکنندگان دارد.

واژه‌های کلیدی: ارزش غذایی، باقلا، ترکیب شیمیایی، تولید گاز، قابلیت هضم.

مقدمه

حبوبات نقش مهمی در تأمین نیازهای غذایی جامعه بشری به ویژه در کشورهای درحال توسعه ایفاء می‌کنند. باقلا در میان حبوبات جایگاه مهمی دارد که در بیش از ۵۰ کشور جهان کشت می‌شود (۱۴). ایران با تولید سالانه بیش از ۴۶ هزار تن باقلا در سطح زیرکشت ۳۶ هزار هکتار، مقام دوازدهم تولید این محصول را در جهان دارد (۳). همانند دیگر دانه های خام حبوبات، اغلب بخش نیتروژنی باقلا از نیتروژن محلول تشکیل شده که به آسانی در شکمبه قابل تجزیه است (۹). برای نشخوارکنندگان ارزش انرژی‌زایی باقلا در مقایسه با غلات بالا است. تحقیقات نشان داده که استفاده از باقلا به جای کنجاله سویا در بخش کنسانتره جیره بره‌ها اثر منفی بر عملکرد رشد حیوان نداشته است (۱۳). بیش از ۴۰ درصد غلاف باقلا را فیبر تشکیل می‌دهد، بنابراین می‌تواند به عنوان منبع فیبر جیره غذایی در نظر گرفته شود (۲۷). رحیمی و همکاران (۴۰) گزارش کردند که تولید گاز به ترتیب از زیاد به کم در پوسته، مغز، کل میوه، غلاف و دانه باقلا وجود داشت و بیشترین نرخ تولید گاز در دانه باقلا و کمترین آن در مغز بوده و به طوری که ماده آلی قابل هضم، انرژی قابل متابولیسم، انرژی خالص، پروتئین میکروبی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر به ترتیب از زیاد به کم در پوسته، مغز، کل میوه، غلاف و دانه باقلا وجود داشتند. در تحقیقی نشان داده شده که با افزودن ۶ درصد ملاس به سیلاژ بقایای زراعت باقلا می‌توان سیلوی خوبی از بقایای زراعت باقلا تهیه نموده و به مصرف دام رساند (۳۸). پسماند لپه باقلا که دارای پروتئین بالایی است نیز می‌تواند برای کاهش هزینه‌های تغذیه دام در پرواربندی حائز اهمیت باشد (۱۱). در گزارشی نشان داده شد که جایگزینی ۲۰ درصد از سهم علوفه بره‌های در حال رشد با

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم دامی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲- دانشیاران گروه علوم دامی دانشگاه محقق اردبیلی، ، اردبیل، ایران.
۳- استاد گروه علوم دامی دانشگاه محقق اردبیلی، ، اردبیل، ایران.
(*- ایمیل نویسنده مسئول: jseifdavati@uma.ac.ir)
DOI:10.22067/ijasr.v12i2.77137

سیلاژ ساقه و برگ باقلا تاثیر منفی بر عملکرد رشد آن‌ها نداشت (۳۷).

کربوهیدرات محلول اندک بقایای باقلا موجب شده که فرآوری و غنی سازی آن با ملاس مورد توجه قرار گیرد (۳۷ و ۳۸). به منظوراستفاده بهینه از مواد خوراکی، به اطلاعات کافی در زمینه مواد مغذی موجود در آن‌ها و قابلیت دسترسی به این مواد مغذی نیاز است. ارزش غذایی اجزای مختلف باقلا (غلاف فرآوری شده، پوسته دانه و دانه) جهت تغذیه دام به خوبی روشن نیست. بنابراین هدف از این تحقیق تعیین ترکیبات شیمیایی (پروتئین خام، فیبر خام و...)، برر سی قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین خام شکمبه‌ای و بعد از شکمبه‌ای غلاف، پوسته و دانه باقلا و فراسنجه‌های تخمیر غلاف باقلای فرآوری نشده و فرآوری شده با اوره و ملاس با استفاده از روش تولید گاز بود.

مواد و روش‌ها

تهیه مواد و تیمارهای آزمایشی

برای تهیه محصول باقلای خام از مرکز خرید باقلا در شمال کشور شرکت luxbeanslands اقدام شد. پس از تهیه‌ی باقلا، غلاف آن از دانه جداسازی و دانه، غلاف و پوسته دانه‌های جداسازی شده در مجاورت هوا خشک شد. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار و ۳ تکرار در هر تیمار در دو اجرا شامل: ۱ - غلاف باقلای فرآوری نشده (شاهد، به صورت خام بدون افزودن اوره یا ملاس به عنوان شاهد سیلو شده است)، ۲ - غلاف باقلای فرآوری شده با ملاس (۱/۵ درصد ماده خشک غلاف)، ۳ - غلاف باقلای فرآوری شده با ملاس (۳ درصد ماده خشک)، ۴ - غلاف باقلای فرآوری شده با ملاس (۴/۵ درصد ماده خشک)، ۵ - غلاف باقلای فرآوری شده با اوره (۱/۵ درصد ماده خشک)، ۶ - غلاف باقلای فرآوری شده با ملاس + اوره (به ترتیب ۱/۵ و ۱/۵درصد ماده خشک)، ۷ - غلاف باقلای فرآوری شده با ملاس + اوره (به ترتیب ۳ و ۱/۵ درصد ماده خشک)، ۸ - غلاف باقلای فرآوری شده با ملاس + اوره (به ترتیب ۴/۵ و ۱/۵ درصد ماده خشک)، ۹ – پوسته دانه و ۱۰ – دانه باقلا انجام شد. فرآوری غلاف باقلا با اوره و با ملاس طبق روش چودوری (۸) و فرآوری غلاف باقلا با اوره + ملاس مطابق روش هاو (۲۱) انجام شد. در ابتدا مقدار ۷۰ گرم اوره یا ملاس تنها در ۰/۵ لیتر آب حل شد. مقدار ۲ کیلوگرم غلاف باقلای خرد شده با ۴/۵ لیتر آب در یک ظرف به وسیله دست کاملاً مخلوط شد و در حین مخلوط کردن محلول اوره یا ملاس تنها نیز به آن اضافه شد. این مخلوط طبق روش چودوری (۸) در پلاستیک های دو لایه ریخته و به خوبی هواگیری و فشرده سازی شد. برای فرآوری غلاف باقلا با مخلوط اوره و ملاس ۷۰ گرم اوره با ۵۷ گرم ملاس با ماده خشک ۷۰ در صد در ۰/۵ لیتر آب حل شده و طبق روش گفته شده برای اوره یا ملاس تنها به ۲ کیلوگرم غلاف باقلا که با ۴/۵ لیتر آب مخلوط شده بود ا ضافه شد (۲۱).

همه‌ی فرآوری‌ها به مدت ۲۸ روز در کیسه‌های پلاستیکی در دمای اتاق (۲۱ تا ۲۶ درجه سلسیوس) به صورت سیلو نگهداری شدند. سپس درب آن‌ها باز و ارزیابی ظاهری سیلاژ انجام شد. ابتدا لایه‌های بالایی سیلاژ خارج گردید، سپس از قسمت‌های میانی آن جهت اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی، تعیین قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین خام شکمبه‌ای و بعد شکمبه‌ای و اندازه‌گیری میزان تولید گاز نمونه‌برداری شد.

تعیین ترکیب شیمیایی

جهت تعیین تجزیه شیمیایی نمونه‌های آزمایشی برای ماده خشک توسط آون و با روش ۱۵-۹۳۰ از پروتکل (۴)، برای پروتئین خام توسط دستگاه کلدال و با روش ۰۵-۹۸۸ از پروتکل (۴) و برای چربی با دستگاه سوکسیله و با روش ۳۹-۹۲۰ از پروتکل (۴) و برای خاکستر خام با دستگاه کوره الکتریکی و با روش ۰۳-۹۲۳ از پروتکل (۴) صورت گرفت و میزان ADF و NDF با سیستم آنکوم (۲) تعیین شد.

تعیین قابلیت هضم به روش دیزی (هولدن ۱۹۹۹)

قابلیت هضم شکمبه‌ای به روش آزمایشگاهی هولدن (۲۰) انجام شد. بدین ترتیب که پس از نمونه‌برداری، مواد خوراکی با استفاده از آسیاب مخصوص دارای غربال با منافذ ۲ میلی‌متری آسیاب گردید. سپس با استفاده از الک ۵۰ میکرون غربال شدند تا ذرات کوچک‌تر از ۵۰ میکرومتر از آن خارج شود. سپس از هر ماده خوراکی مقدار ۱ گرم نمونه در داخل کیسه‌های نایلونی توزین شد (۳۴). پس از آن درب کیسه‌های نایلونی حاوی مواد خوراکی، به وسیله دستگاه دوخت پلاست بسته شد. برای انجام این آزمایش از دستگاه شبیه ساز هضم (DAISY[II] Incubator)، مدل دستگاه D200I ساخت شرکت انکوم) استفاده گردید. در مرحله اول آزمایش هولدن به منظور انجام فرایند هضم شکمبه‌ای، ۱۴۴۰ میلی‌لیتر از محلول بافری (بزاق مصنوعی) به همراه ۳۶۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه (در مجموع ۱۸۰۰ میلی‌لیتر) به داخل هر کدام از بطری‌های هضمی ۲ لیتری که از قبل در دمای ۳۹ درجه سلسیوس گرم شده بودند، ریخته شده و سپس کیسه‌های حاوی مواد خوراکی داخل آن‌ها قرار داده شدند (۲۰). با استفاده از گاز دی‌اکسیدکربن، گازدهی انجام گردید و سپس به داخل هر بطری دو لیتری دستگاه هضم شکمبه‌ای تعداد ۲۵ کیسه قرار داده شد و درب بطری‌ها به طور محکم بسته شدند و به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه، ضمن چرخش آهسته بطری‌ها انکوبه شدند. در مرحله دوم آزمایش، ۳۶ میلی‌لیتر HCl ۶ نرمال به همراه ۲/۷ گرم پپسین به هر بطری اضافه شد و درب بطری‌ها محکم بسته شدند و به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه ضمن چرخش آهسته بطری‌ها انکوبه شدند. در پایان کیسه‌ها

از بطری‌ها بیرون آورده شدند و به وسیله ماشین لباس‌شویی به مدت ۲۱ دقیقه (در۳ مرحله ۷ دقیقه‌ای) با آب سرد شستشو داده شد. پس از آن کیسه‌ها جهت خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. نمونه‌ها جهت تعیین خاکستر آن به مدت چهار ساعت در دمای ۵۶۰-۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره قرار گرفتند. بعداً از کوره در آورده به مدت ۲۰ دقیقه در دسیکاتور قرار داده و توزین شدند. با این روش قابلیت هضم ماده آلی و ماده آلی در ماده خشک طبق روابط (شماره ۱، ۲، ۳ و۴) زیر محاسبه شد.

رابطه (۱)

$$DMD(\%) = \left(\text{وزن نمونه اولیه} - \left(\text{وزن خشک بقایای نمونه} - \text{وزن خشک بقایای هضم شاهد}\right)\right) / \text{وزن نمونه اولیه} \times 100$$

رابطه (۲)

$$ME = ۰/۰۱۵۷ \times DOMD$$

رابطه (۳)

$$OM \times ODM = (DOMD)$$

رابطه (۴)

$$ODM = \text{وزن نمونه اولیه} \times \text{قابلیت هضم}$$

که در این روابط ME انرژی قابل متابولیسم برحسب مگاژول بر کیلوگرم، DOMD قابلیت هضم ماده آلی در ماده خشک با استفاده از روش هولدن، ODM قابلیت هضم ماده آلی و OM ماده آلی می‌باشد (۲۹).

تعیین قابلیت هضم به روش آنزیمی سه مرحله‌ای (مک نیون و همکاران،۲۰۰۲)

برای تعیین قابلیت هضم با روش آنزیمی مک‌نیون (۲۹)، نمونه‌های آزمایشی خشک شده با اندازه ذرات ۲ میلی متر آسیاب شد . سپس یک گرم نمونه آزمایشی به داخل کیسه‌های انکوم ($F_{۵۷}$، با اندازه منافذ ۵۰ میکرون) از هر نمونه خوراک چهار تکرار ریخته شده و پس از آن با دستگاه دوخت پلاست دوخته شدند. حداکثر ۳۰ کیسه در هر بطری ۲ لیتری قرار داده شد. در این مرحله ۱/۶ لیتر بافر بورات (۰/۰۳۴۵ مول) فسفات (۰/۰۵۵۱ مول) با pH برابر ۸- ۷/۵ به داخل هر بطری ریخته شد. سپس به مدت ۱ ساعت در دمای ۳۹ درجه سلسیوس ضمن چرخش آهسته انکوباسیون شدند. سپس ۴۰۰ میلی‌لیتر محلول پروتئاز (Sigma p -5147) ۶۶ واحد پروتئاز به ازای هر گرم خوراک به بافر بورات فسفات اضافه شد و به مدت ۴ ساعت در دمای ۳۹ درجه سلسیوس انکوبه شد. بعد از انکوباسیون تمام مایعات از بطری‌ها خارج شده و کیسه‌ها ۳ بار با آب سرد، کاملاً شسته شدند. سپس ۲ سری از کیسه‌ها برای انجام مراحل بعدی آزمایش داخل بطری دیگری قرار داده شد. بقیه کیسه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس در آون قرار داده شد. پس از خارج کردن از آون و قرار دادن در دسیکاتور به دقت توزین شدند. در این مرحله از آزمایش۸۰۰ میلی لیتر محلول پپسین (Sigma p-7000) به بطری‌های حاوی کیسه‌ها اضافه شد. (۲میلی‌گرم در لیتر HCL ۰/۱ نرمال) برای تهیه HCL ۰/۱ نرمال از اسید غلیظ ۱۱/۶۵ نرمال مقدار ۸/۵۸ میلی لیتر برداشته شد و با آب مقطر به حجم ۱ لیتر رسانده شد. سپس از این محلول ۰/۱ نرمال ۸۰۰ میلی‌لیتر برداشته شد و به آن ۳/۴ گرم پپسین اضافه شد و پس از آن به مدت ۱ ساعت در دمای ۳۹ درجه سلسیوس انکوباسیون شد. بعد از اتمام این زمان درب بطری‌ها باز شد و ۴۰ میلی‌لیتر سود ۰/۱ نرمال و یک لیتر محلول پانکراتین (۶ گرم در لیتر پانکراتین (Sigma p-7545)، ۶۷/۵ گرم در لیتر فسفات دی هیدروژن پتاسیم ۰/۵ نرمال و ۰/۵ میلی گرم در لیتر تیمول pH=۷/۸) به بطری‌ها اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۹ درجه سلسیوس انکوباسیون و بعد از اتمام این مدت درب بطری‌ها باز شد و محتوای بطری‌ها به بیرون ریخته شد و کیسه‌ها ۶ بار با آب سرد کاملاً شسته شد، و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس در آون قرار داده شد. پس از خارج کردن از آون و قرار دادن در دسیکاتور به دقت توزین شدند. مقدار هضم با پپسین و پانکراتین از مقدار نیتروژن نمونه‌ها (بعد از انکوباسیون شکمبه‌ای) منهای نیتروژن باقیمانده بعد از انکوباسیون در پپسین- پانکراتین تقسیم بر مقدار نیتروژن نمونه‌ها محاسبه گردید (۳۰). میانگین قابلیت هضم شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارش ماده خشک بر اساس درصد طبق رابطه‌های شماره (۵ ، ۶ و۷) زیر محاسبه شد.

رابطه (۵)

$$\text{٪ هضم شکمبه‌ای ماده‌ی خشک} = \frac{\text{وزن پس از هضم شکمبه‌ای} - \text{وزن نمونه قبل هضم شکمبه‌ای}}{\text{وزن نمونه قبل از هضم شکمبه‌ای}} \times ۱۰۰$$

رابطه (۶)

$$\text{٪ هضم پس از شکمبه‌ای ماده‌ی خشک} = \frac{\text{وزن پس از هضم روده‌ای} - \text{وزن نمونه پس از هضم شکمبه}}{\text{وزن نمونه پس از شکمبه‌ای}} \times ۱۰۰$$

رابطه (۷)

$$\text{٪ هضم کل دستگاه گوارش} = \frac{\text{وزن نمونه پس از هضم روده‌ای} - \text{وزن نمونه قبل هضم شکمبه‌ای}}{\text{وزن نمونه قبل هضم شکمبه‌ای}} \times ۱۰۰$$

تعیین فرآسنجه‌های تخمیری به روش تولید گاز

برای اندازه‌گیری میزان گاز تولیدی از روش منک و همکاران (۳۱) استفاده شد. بعد از آسیاب یا غربال ۱ میلی‌متری، مقدار (۵±) ۲۱۵ میلی گرم از هر نمونه در داخل سرنگ‌های شیشه‌ای مدرج مخصوص با حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر قرار داده شد. برای هر نمونه ماده خوراکی ۳ تکرار (سرنگ) و دو اجرا در نظر گرفته شد. مایع شکمبه صاف شده با محیط کشت تهیه شده مطابق روش منک و همکاران (۳۱) و روش تصحیح شده منک و استینگاس (۳۰) به نسبت‌های ۱ (مایع شکمبه) به ۲ (محیط کشت) مخلوط شد. در حالی که جریان گاز

کربنیک به داخل مخلوط ادامه دا شت. با ا ستفاده از پیپت مخ صوص مقدار ۳۰ گرم از مخلوط مایع شـــکمبه و محیط کشـــت در داخل هر سرنگ حاوی نمونه ریخته شد و سپس سرنگ‌ها در دستگاه انکوباتور (۳۹ درجه سـلسـیوس) که با سـرعت یک دور در دقیقه برای مخلوط کردن مداوم محتویات سرنگ‌ها می‌چرخید، قرار داده شد. برای حذف خطای ناشـی از گاز تولیدی در اثر عمل میکروارگانیسـم‌ها روی مواد خوراکی موجود در مایع شکمبه از نمونه‌های شاهد (بدون اضافه کردن ماده خوراکی و حاوی ۳۰ میلی‌لیتر از مخلوط مایع شـــکمبه و بزاق مصـنوعی) اسـتفاده شـد. برای هر ۳ تکرار یک عدد سـرنگ شـاهد (Blank) قرار داده شد و گاز تولیدی سرنگ‌های ا صلی حاوی نمونه خوراکی تصـحیح گردید. در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲ ،۲۴، ۴۸ ،۷۲ و ۹۶ ساعت پس از قرار دادن سرنگ‌ها در انکوباتور، موقعیت پیستون و میزان گاز تولیدی قرائت و ثبت گردید. حجم گاز تولیدی بر اســاس وزن نمونه خوراک در هر زمان با اســتفاده از رابطه‌ی شـــماره (۸) به صورت زیر تصحیح گردید:

(Vt ((200× V= (۸) رابطه-Vb)) / W

که در این رابطه، V حجم گاز تصـحیح شـده (میلی‌لیتر) به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشـــک نمونه خوراک، V_t حجم گاز تولیدی در ســرنگ‌های حاوی نمونه خوراک (میلی‌لیتر)، V_b حجم گاز تولیدی در سرنگ‌های فاقد نمونه خوراک (میلی‌لیتر)، W وزن ماده خ شک نمونه خوراک (میلی‌گرم) می‌با شد. برای تعیین فرا سنجه‌های تخمیر یا تولید گاز نمونه‌ها از معادله یا رابطه شـماره (۹) ارسـکوف و مکدونالد (۳۶) استفاده شد:

$P=a+b\ (1-e^{-c(\ t-Lt)})$ رابطه (۹)

که در آن، P تجزیه‌پذیری (گاز تولیدی در زمان t)، a میزان تولید گاز بخش محلول (میلی‌لیتر)، b بخش نامحلول ولی قا بل تخمیر (میلی‌لیتر)، c نرخ تولید گاز (میلی‌لیتر بر ساعت) و t زمان انکوبا سیون (ساعت) است.

مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر طبق رابطه شماره (۱۰) گتاچیو و همکاران (۱۵) و قابلیت هضـم ماده خشـک، ماده آلی، ماده آلی در ماده خ شک و نیز انرژی قابل متابولیسم از رابطه‌های شماره (۱۱، ۱۲ و ۱۳) ذیل (۳۰ و ۳۹) و میزان ســنتز پروتئین میکروبی با معادله‌ی یا رابطه شماره (۱۴) چرکاوسکی (۱۰) برآورد گردید:

SCFA =۰/۰۲۲۲ Gas_{24} −۰/۰۰۴۲۵ رابطه (۱۰)

رابطه (۱۱)

EE۰/۰۰۲۸۶ CP + ۰/۰۰۵۷Gas_{24} +۰/۱۳۶ +۲/۲ME =

رابـــــــــــطــــــــــــه (۱۲)

Ash۰/۰۳۸۷+CP۰/۰۴۹۲+Gas_{24}۰/۹۰۴۲+۱۶/۴۶=(٪)DOM

۰/۰۳۸۷+CP۰/۰۴۹۲+Gas_{24}۰/۹۰۴۲+۱۶/۴۶(OM=(٪)DOMD

Ash) رابطـه (۱۳)

× (DOM)۱۹/۳MP (g/kg DOM) = رابطه (۱۴)

که در این روابط SCFA برابر اســیدهای چرب کوتاه زنجیر بر اســاس میلی‌مول، ME برابر انرژی قابل متابولیســم (مگاژول بر کیلوگرم)، DOMD قابلیت هـضم ماده آلی در ماده خـشک با ا ستفاده از روش آزمون گاز (بر اساس درصد)، DOM ماده آلی قابل هضم (بر ا ساس در صد)، MP برابر با پروتئین میکروبی بر ا ساس گرم به ازای هر کیلوگرم ماده آلی قابل هضـــم، CP برابر پروتئین خام (گرم در کیلوگرم ماده خشـــک)، OM برابر ماده آلی (گرم در کیلوگرم ماده خشـک)، Ash برابر (گرم در کیلوگرم ماده خشـک)، EE برابر چربی خام (گرم در کیلوگرم ماده خشـــک) و Gas_{24} برابر تولید گاز (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک در ۲۴ ساعت تخمیر پایه) (۳۰).

تجزیه و تحلیل آماری داده ها

داده‌های حاصل از روش تولید گاز در قالب طرح کاملا تصادفی به روش اندازه گیری تکرار شده در زمان و قابلیت هـضم هولدنی و مک نیون در قالب طرح کاملا تصــادفی با اســتفاده از نرم افزار SAS با رویه Mixed تجزیه و تحلیل گردید (۴۲). مدل مورد اسـتفاده در این رو یه یک مدل مختلط شـــا مل اثر تیمار (ماده خوراکی)، اثر زمان انکوباســیون و اثر متقابل بین تیمار و زمان به عنوان اثرات ثابت و اثر تکرار درون هر تیمار به عنوان اثر تصـــادفی بود. مدل‌های آماری به صورت رابطه‌های شماره (۱۵ و ۱۶) زیر بود:

$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{k(i)} + e_{ijk}$ رابطه (۱۵)

$Y_i = \mu + \alpha_i + e_{ij}$ رابطه (۱۶)

که در آن μ = میانگین، α_i =اثر تیمار iام، β_j= اثر زمان jام، $\alpha\beta_{ij}$= اثر متقابل تیمار و زمان، خطای تصـــادفی حاصـــل از تکرار در داخل تیمار، $e_{k(i)}$ و e_{ij} خطای باقیمانده می باشد.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی

جدول ۱ ترکیبات شـیمیایی مواد خوراکی را نشـان می‌دهد. نتایج این پژوهش نشـــان داد که دانه خام باقلا دارای درصـــد پروتئین خام بی‌شتری ن سبت به بقیه اجزای باقلا ا ست (P<۰/۰۵). همچنین نتایج نشان داد که فرآوری غلاف باقلا با ۳ درصد ملاس و ۱/۵ درصد اوره به دلیل فراهمی همزمان و مناســب اســکلت کربنی و منبع نیتروژن موجب کاهش میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی آن و به عبارتی افزایش قابلیت هـضمی شد. کاهش محتوی NDF و ADF سیلاژ به دو عامل مهم افزایش فعالیت لاکتوباســیل‌ها و باکتریوم‌ها در ترکیب ســیلاژ و عامل دوم به خود ملاس که فاقدNDF و ADF اســت، برمی‌گردد (۲۲). در واقع میزان کربوهیدرات محلول قابل دســترس برای عملکرد باکترهای تخمیر کننده در سیلو بیشتر می شود. در این پژوهش نیز با افزایش ســطح ملاس، درصــد ماده خشــک افزایش و

محتوی ADF سیلاژ غلاف باقلا کاهش یافته‌است. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که از نظر میزان ماده خشک، پوسته دانه و دانه باقلا که اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند (P>۰/۰۵)، لیکن از نظر پروتئین خام محتوی ماده خشک دانه باقلا از ارزش بالایی برخوردار بوده و در مقابل، غلاف باقلای فرآوری شده با ۱/۵ درصد ملاس کمترین ارزش را از این لحاظ داشت. محققین مختلف (۱۴، ۴۰ و۴۱) مقادیر متفاوتی از میزان پروتئین خام (به ترتیب ۲۵/۷، ۲۵/۲ و ۳۱/۰۷ درصد) و ماده خشک (به ترتیب ۹۰/۶، ۸۸/۸ و ۹۳/۱۶ درصد) و پروتئین خام (به ترتیب ۲۵/۷، ۲۵/۲ و ۳۱/۰۷ درصد) را برای دانه باقلا گزارش نموده‌اند که نتیجه به دست آمده از این آزمایش به جز گزارش رحیمی و همکاران (۴۰) با نتایج سایر پژوهشگران نظیر راموس مورالس و همکاران (۴۱)، دیگ سون و ها سکینگ (۱۴) و دالوند و همکاران (۱۱) مطابقت داشت. به طورکلی تفاوت‌های بین ترکیبات شیمیایی مواد خوراکی مشابه به خصوص در میزان ماده خشک و پروتئین خام ممکن است به دلیل عوامل زراعی مانند کاربرد سطوح مختلف کودهای نیتروژنی، شرایط آب و هوایی، زمان برداشت، شرایط انبارداری، وجود شرایط خشکی در مزرعه و فرایندهای پس از برداشت باشد (۲۳ و ۲۶).

جدول ۱– ترکیبات شیمیایی غلاف، پوسته دانه و دانه باقلا[1] فرآوری نشده و فرآوری شده با اوره و ملاس[1]

Table 1- Chemical composition of untreated and treated pods, seed hulls and seeds of Faba bean with urea and molasses[1]

مواد خوراکی Feeds	ماده خشک Dry matter	پروتئین خام Crude protein	عصاره اتری Ether extract	خاکستر Ash	دیواره سلولی NDF[2]	دیواره سلولی بدون همی سلولز ADF[3]
غلاف باقلا خام Raw bean pods	10.34^{cd}	13.60^{c}	3.47^{b}	18.82^{bc}	31.27^{b}	22.00^{b}
غلاف باقلا فرآوری با ملاس Processed bean pods with Molasses						
۱/۵٪ ماده خشک با ملاس (1.5 % DM with Molasses)	10.15^{d}	15.11^{c}	4.21^{b}	21.16^{a}	33.53^{b}	22.07^{b}
۳٪ ماده خشک با ملاس (3% DM with Molasses)	11.66^{bcd}	15.03^{c}	3.31^{b}	15.16^{bc}	37.53^{b}	21.73^{b}
۴/۵٪ ماده خشک با ملاس (4.5% DM with Molasses)	11.67^{bcd}	16.54^{c}	3.60^{b}	21.00^{bc}	35.93^{b}	19.67^{b}
غلاف باقلا فرآوری با اوره (۱/۵ درصد ماده خشک) Processed with Urea (1.5 % DM)	11.31^{bcd}	15.90^{c}	5.66^{ab}	20.75^{bc}	30.73^{b}	23.40^{b}
غلاف باقلا فرآوری با ملاس+ اوره Processed bean pods with Molasses+ Urea						
۱/۵٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 1.5 % Molasses +1.5%with Urea (DM basis)	12.61^{b}	14.16^{c}	5.40^{ab}	16.64^{bc}	38.33^{b}	23.00^{b}
۳٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 3 % Molasses +1.5%with Urea (DM basis)	11.00^{bcd}	15.19^{c}	8.90^{a}	17.41^{bc}	31.33^{b}	14.53^{c}
۴/۵٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 4.5 % Molasses +1.5%with Urea (DM basis)	12.49^{bc}	18.21^{b}	3.56^{b}	12.40^{c}	34.67^{b}	18.67^{bc}
پوسته خام دانه باقلا Bean seed raw hulls	89.84^{a}	15.75^{c}	4.88^{b}	20.95^{bc}	64.67^{a}	48.67^{a}
دانه خام باقلا Bean raw seeds	89.57^{a}	24.71^{a}	3.43^{b}	25.70^{b}	34.00^{b}	0.67^{d}
سطح معنی داری P- Value	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01
میانگین خطای استاندارد SEM	1.074	1.875	1.464	2.586	2.956	1.627

[1] میانگین‌های هر ستون با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد(P<۰/۰۵).

[1] Means within same column different superscripts differ ($P< 0.05$).

[2] NDF: Neutral dtergent fiber.

[3] ADF: Acid dtergent fiber.

قابلیت هضم به روش دیزی (هولدن ۱۹۹۹)

نتایج قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، ماده آلی در ماده خشک و انرژی قابل متابولیسم غلاف، پوسته و دانه باقلا به روش هولدن یا

تیلی و تری ا صلاح شده (۲۰) در جدول ۲ ارایه شده ا ست. برا ساس نتایج حا صل، بیشترین میزان قابلیت هضم ماده آلی در ماده خشک و انرژی قابل متابولی سم در اثر عمل‌آوری غلاف باقلا با ۴/۵٪ ملاس و ۱/۵٪ اوره مشـــاهده گردید. بنابراین قابلیت هضـــم ماده آلی در ماده خشـــک و انرژی قابل متابولیســـم غلاف باقلا به روش آزمایشـــگاهی هولدن (۲۰) با فرآوری بهبود یافت. این درحالی اســـت که بیشـــترین میزان DMD و OMD در بین تیمارها، مربوط به دانه باقلا بود. قابلیت هضم خوراک در درجه اول به ترکیبات آن به ویژه الیاف بستگی دارد و پوســته دانه باقلا به دلیل داشــتن میزان NDF بیشــتر، انرژی قابل متابولیسم کمتری را نشان داد (۱و ۴۵). تفاوت در میزان تجزیه‌پذیری یا قابلیت هضـــم بین گونه‌های مختلف گیاهی می‌تواند از تفاوت در ترکیبات شیمیایی آن‌ها ناشی شود (۳۹). تجزیه‌پذیری علوفه در درجه اول توســط میزان محتویات ســلولی (مواد محلول و قابل تجزیه) و در درجه دوم توسط ساختار و میزان دیواره سلولی (NDF) تعیین می‌شود (۹).

جدول ۲- میانگین قابلیت هضم و میزان انرژی قابل متابولیسم غلاف، پوسته دانه و دانه باقلا فرآوری نشده و فرآوری شده با اوره و ملاس[۱]

Table 2- The means of digestible and values of metabolisable energy of untreated and treated pods, seed hulls and seeds Faba bean[1]

مواد خوراکی Feeds	قابلیت هضم ماده‌خشک (درصد) DMD[2] (%)	قابلیت هضم ماده آلی (درصد) OMD[3] (%)	قابلیت هضم ماده آلی در ماده خشک (درصد) DOMD[4] (%)	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول بر کیلوگرم ماده‌خشک) ME[5] (MJ/Kg DM)
غلاف باقلا خام Raw bean pods	78.03[b]	74.91[b]	60.81[abc]	9.54[abc]
غلاف باقلا فرآوری با ملاس Processed bean pods with Molasses				
۱/۵٪ ماده خشک با ملاس (1.5 % DM with Molasses)	81.13[ab]	75.78[b]	52.52[c]	8.24[c]
۳٪ ماده خشک با ملاس (3% DM with Molasses)	77.63[b]	74.43[b]	63.30[abc]	9.93[abc]
۴/۵٪ ماده خشک با ملاس (4.5% DM with Molasses)	76.33[b]	71.90[b]	56.85[bc]	8.92[bc]
غلاف باقلا فرآوری با اوره (۱/۵ درصد ماده خشک) Processed with Urea (1.5 % DM)	75.96[b]	71.31[b]	56.55[bc]	8.87[bc]
غلاف باقلا فرآوری با ملاس+اوره Processed bean pods with Molasses+ Urea				
۱/۵٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 1.5 % Molasses +1.5% Urea (DM basis)	74.70[b]	70.58[b]	58.84[abc]	9.23[abc]
۳٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 3 % Molasses +1.5% Urea (DM basis)	73.30[b]	68.75[b]	56.79[bc]	8.91[bc]
۴/۵٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 4.5 % Molasses +1.5% Urea (DM basis)	81.90[ab]	79.89[ab]	70.08[a]	11.00[a]
پوسته خام دانه باقلا Bean seed raw hulls	38.40[c]	23.92[c]	18.88[d]	2.96[d]
دانه خام باقلا Bean raw seeds	90.20[a]	88.91[a]	66.09[ab]	10.37[ab]
سطح معنی داری P- Value	0.01	0.01	0.01	0.01
میانگین خطای استاندارد SEM	2.30	2.51	2.56	1.01

[۱] میانگین‌های هر ستون با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

[1] Means within same column different superscripts differ (P< 0.05).

[2] DMD: Dry matter digestibility.

[3] OMD: Organic matter digestibility.

[4] DOMD: Digestibility organic matter in dry matter.

[5] ME: Metabolizable energy.

در اثر سیلوکردن، قابلیت هضم و گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی کاهش یافت. دلیل آن کاهش قندهای محلول در اثر سیلو شدن علوفه می‌با شد (۲۸). میانگین قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و ماده آلی در ماده خشک، تحت تأثیر سطوح مختلف ملاس قرار گرفت (P<۰/۰۵). با افزایش سطح ملاس، به دلیل جبران کاهش قندهای محلول مواد سیلویی از طریق کربوهیدرات سهل الهضم ملاس، قابلیت هضم ماده خشک مواد سیلو شده افزایش یافت (P<۰/۰۵)؛ به طوری‌که قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی و ماده آلی در ماده خشک تیمار غلاف باقلای فرآوری شده با ۴/۵٪ ملاس+ ۱/۵٪ اوره بیشتر از تیمارهای دیگر بود و اختلاف معنی‌داری با تیمارهای دیگر داشت (P<۰/۰۵). همان‌طور که در این پژوهش مشاهده شد پوسته دانه با بالاترین میزان NDF دارای کمترین میزان قابلیت هضم بود. سلولز موجود در دیواره سلولی تا ۶۰ درصد می‌تواند هضم شود؛ با این شرط که در شکمبه باقی بماند. بنابراین عامل تأثیرگذار بر هضم سلولز، ماندگاری آن در شکمبه است (۴۵). در این پژوهش میزان قابلیت هضم ماده خشک (برحسب درصد) در دانه باقلا به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) از میزان به دست آمده برای بقیه تیمارهای آزمایشی بیشتر بود. در تیمارهای مربوط به غلاف باقلا، با افزایش سطح ملاس، قابلیت هضم ماده آلی کاهش یافت که برخلاف نتایج پژوهش گونای (۱۷) است، در حالی که سی بل (۴۳) نتایج مشابهی را گزارش کردند. دیواره سلولی (NDF) یک شاخص مناسب جهت تعیین هضم، قابلیت هضم و مصرف گیاه توسط دام می‌باشد. بنابراین هرچقدر میزان دیواره سلولی (NDF) جیره غذایی بالا باشد، قابلیت هضم و میزان مصرف آن کاهش می‌یابد (۳۳). باتوجه به اینکه میزان دیواره سلولی و دیواره سلولی منهای همی‌سلولز در پوسته دانه بالاترین اندازه را داشت بنابراین دارای کمترین میزان قابلیت هضم ماده آلی در ماده خشک (برحسب درصد) و انرژی قابل متابولیسم (مگاژول بر کیلوگرم) بود. در بین تیمارهای مربوط به غلاف باقلا، در اثر فرآوری میزان قابلیت هضم ماده آلی در ماده خشک و انرژی قابل متابولیسم در غلاف باقلای فرآوری‌شده ۴/۵٪ ملاس و ۱/۵٪ اوره بیشتر از تیمار شاهد بوده و در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول۲). بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که تیمار حاوی ۴/۵٪ ملاس و ۱/۵٪ اوره بهترین نسبت برای غنی‌سازی سیلاژ غلاف باقلا می‌باشد. از نظر میزان قابلیت هضم ماده خشک و قابلیت هضم ماده آلی بین تیمارهای غلاف باقلا اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵). قابلیت هضم ماده خشک سیلاژ غلاف باقلا با افزایش سطح ملاس، مقدار آن کاهش یافت. همچنین نتایج این پژوهش از نظر میزان انرژی قابل متابولیسم با نتایج تحقیق برخی از پژوهشگران (۴۰) مطابقت داشت.

قابلیت هضم به روش آنزیمی سه مرحله‌ای (مک نیون و همکاران، ۲۰۰۲)

نتایج قابلیت هضم شکمبه‌ای، پس از شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارش ماده خشک و پروتئین غلاف باقلای فرآوری نشده و فرآوری شده با اوره و ملاس، پوسته دانه و دانه باقلا در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است. طبق نتایج حاصل مقادیر قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین شکمبه‌ای، بعد شکمبه‌ای و کل دستگاه گوارش معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). از نظر قابلیت هضم ماده خشک بالاترین مقدار به ترتیب مربوط به دانه باقلا، غلاف باقلای فرآوری شده با ملاس و اوره (تیمار۳٪ملاس و ۱/۵٪ اوره و تیمار ۴/۵٪ ملاس و ۱/۵٪ اوره) بوده و کمترین میزان قابلیت هضم ماده خشک مربوط به پوسته دانه می‌باشد. با افزایش سطح ملاس قابلیت هضم ماده خشک در غلاف باقلا در کل دستگاه گوارش افزایش یافته‌است. قابلیت هضم بعد شکمبه‌ای بین تیمارهای آزمایشی سیلاژ غلاف باقلا به جز تیمار ۳٪ ملاس و ۱/۵٪ اوره و تیمار ۴/۵٪ ملاس و ۱/۵٪ اوره در مقایسه با شاهد، اختلاف معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵). مور و چرنی (۳۲) گزارش کردند که تفاوت در قابلیت هضم ماده خشک خوراک‌ها در شکمبه و روده به مقدار دیواره سلولی، دیواره سلولی بدون همی‌سلولز و میزان لیگنینی شدن دیواره سلولی ارتباط دارد. همچنین بیان نمودندکه تفاوت در نسبت هضم شدن دیواره سلولی گیاهان می‌تواند ناشی از تنوع پیوندهای حلقه فنل بخش لیگنین با کربوهیدرات‌های همی سلولز می‌با شد. با توجه به این موضوع میزان هضم شکمبه و بعدشکمبه‌ای وابسته به ترکیبات شیمیایی (میزان پروتئین خام، میزان چربی، دیواره سلولی و ماده آلی) آن ماده خوراکی می‌باشد. در پژوهشی که توسط دلاور و دانش مسگران (۱۲) صورت پذیرفت، قابلیت هضم شکمبه‌ای و پس از شکمبه‌ای سیلاژ یونجه نسبت به شکل خشک آن بالاتر بود. این محققین نتیجه گرفتند که این اختلاف می تواند به دلیل تفاوت در ترکیب شیمیایی نمونه‌ها با شد، چرا که فرآیند تخمیر در حین سیلو کردن منجر به یک سری تغییرات در ترکیب شیمیایی علوفه می شود. در NRC (۳۵) گزارش شدها ست که لگوم‌ها حاوی مقادیر بالایی از نیتروژن غیرپروتئینی هستند که به سرعت در شکمبه تجزیه می‌شوند. غلاف باقلا حاوی ۲۳/۶۰ درصد و دانه باقلا حاوی ۲۴/۷۱ در صد پروتئین خام ا ست که ممکن ا ست قابلیت د ستر سی بالایی دا شته‌با شند. با توجه به نتایج جداول ۳ و ۴ نسبت بالاتر بودن قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین در دانه باقلا و غلاف باقلای فرآوری شده با ۳٪ ملاس و ۱/۵٪ اوره احتمالاً دلیل افزایش و بالاتر بودن قابلیت هضم پروتئین در شکمبه، فراهمی بالای پروتئین و یا افزایش فعالیت باکتری‌های تجزیه‌کننده به دلیل حضور همزمان کربوهیدرات و پروتئین قابل دسترس باشد. بنابراین شاید غلاف، پوسته و دانه باقلا بتواند یک منبع پروتئینی با کیفیت تغذیه‌ای بالا برای نشخوارکنندگان باشد.

همان‌طور که ملاحظه می شود تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد (غلاف باقلای بدون فرآوری) با سایر تیمارهای باقلا مشاهده شد (P<۰/۰۵). تیمار غلاف باقلای فرآوری شده با ملاس ۴/۵ درصد و تیمار شاهد (غلاف باقلای بدون فرآوری) به ترتیب بیشترین و کمترین قابلیت هضم روده‌ای پروتئین را داشتند (P<۰/۰۵). بیشترین میانگین قابلیت هضم پروتئین در کل دستگاه گوارش در بین تمام تیمارهای آزمایشی در دانه باقلا (۹۳/۷۶ درصد) و کمترین مقدار در تیمار غلاف باقلای فرآوری شده با ۳٪ ملاس و ۱/۵٪ اوره (۷۵/۴۰ درصد) بود (P<۰/۰۵)

جدول ۳- قابلیت هضم (درصد) ماده خشک غلاف، پوسته دانه و دانه باقلا فرآوری نشده و فرآوری شده با اوره و ملاس به روش مک‌نیون (۲۰۰۲)[۱]

Table 3- The dry matter digestibility (%) of untreated and treated pods, seed hulls and seeds Faba bean with urea and molasses by Mc Niven method[1](2002)

مواد خوراکی Feeds	قابلیت هضم شکمبه‌ای Ruminal digestibility	قابلیت هضم بعد شکمبه‌ای Intestinal digestibility	قابلیت هضم کل دستگاه گوارش Digestive tract total digestibility
غلاف باقلا خام Raw bean pods	45.55 ^{ef}	2.35 ^{b}	46.80 ^{e}
غلاف باقلا فرآوری با ملاس Processed bean pods with Molasses			
۱/۵٪ ماده خشک با ملاس 1.5 % DM with Molasses	46.45 ^{de}	10.17 ^{b}	51.90 ^{d}
۳٪ ماده خشک با ملاس 3% DM with Molasses	41.50 ^{ef}	29.64 ^{a}	59.30 ^{bc}
۴/۵٪ ماده خشک با ملاس 4.5% DM with Molasses	43.70 ^{ef}	29.75 ^{a}	60.45 ^{b}
غلاف باقلا فرآوری با اوره (۱/۵ درصد ماده خشک) Processed with Urea (1.5 % DM)	48.30 ^{cde}	13.14 ^{b}	55.40 ^{cd}
غلاف باقلا فرآوری با ملاس+اوره Processed bean pods with Molasses+ Urea			
۱/۵٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 1.5 % with Molasses +1.5%with Urea (DM basis)	50.85 ^{bcd}	9.14 ^{b}	55.40 ^{cd}
۳٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 3 % with Molasses +1.5%with Urea (DM basis)	53.95 ^{b}	7.47 ^{b}	57.40 ^{bc}
۴/۵٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 4.5 % with Molasses +1.5%with Urea (DM basis)	51.95 ^{bc}	11.92 ^{b}	57.70 ^{bc}
پوسته خام دانه باقلا Bean seed raw hulls	27.40 ^{g}	3.91 ^{b}	30.35 ^{f}
دانه خام باقلا Bean raw seeds	74.20 ^{a}	12.90 ^{b}	77.55 ^{a}
سطح معنی داری P- Value	0.01	0.01	0.01
میانگین خطای استاندارد SEM	1.06	2.38	1.44

[۱] میانگین‌های هر ستون با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد(P<۰/۰۵).

[1]Means within same column different superscripts differ (P< 0.05).

که عمدتاً ناشی از بالا بودن در صد قابلیت هضم و گوارش‌پذیری پروتئین دانه باقلا در شکمبه (۹۳درصد در مقابل ۷۴/۴ درصد) در مقایسه غلاف باقلای فرآوری شده با ۳٪ ملاس و ۱/۵٪ اوره است. در ضمن بیشترین میانگین قابلیت هضم پروتئین در کل دستگاه گوارش مابین تیمارهای غلاف باقلا مربوط به تیمار۳ (غلاف باقلای فرآوری شده با ملاس ۳ در صد ماده خشک) به میزان ۹۱/۴۴ در صد بود.

فرآسنجه‌های تخمیری به روش تولید گاز

جدول ۵ میزان گاز تولیدی مواد خوراکی در زمان های مختلف پس از انکوباسیون در شکمبه را نشان می‌دهد، که میانگین الگوی

تخمیر و تولید گاز تولیدی در هر دو نوع فرآوری متفاوت است. در تمام زمان‌ها، به‌جز در ساعت ۲ و ۴ پس از انکوباسیون میزان گاز تولیدی نمونه های خوراک با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). مقایسه الگوی گاز تولید شده (میلی‌لیتر) به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک این مواد خوراکی نشان داد که بیشترین میزان گاز تولیدی در ۲۴ ساعت پس از انکوباسیون در بین تیمارهای غلاف باقلا، در غلاف باقلای فرآوری شده با ملاس (۱/۵ درصد ماده خشک) بوده و در نتیجه انرژی قابل متابولیسم بیشتری را در مقایسه با تیمار شاهد داشت و در بین تمام تیمارهای مورد مطالعه در این پژوهش بالاترین میزان گاز تولیدی در ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون مربوط به دانه باقلا (۶۰/۳ میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک) بوده و در نتیجه انرژی قابل متابولیسم بیشتری داشته و کمترین میزان را پوسته دانه با ۲۰/۳ میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک این مواد خوراکی، در بین تیمارهای آزمایشی داشت.

جدول ٤- میانگین قابلیت هضم (درصد) پروتئین غلاف، پوسته دانه و دانه باقلا فرآوری نشده و فرآوری شده با اوره و ملاس به روش مک‌نیون (۲۰۰۲)[۱]

Table 4-The means of digestible protein (%) of untreated and treated pods, seed hulls and seeds of Faba bean with urea and molasses by Mc Niven method[1](2002)

مواد خوراکی Feeds	قابلیت هضم شکمبه‌ای Ruminal digestibility	قابلیت هضم بعد شکمبه‌ای Intestinal digestibility	قابلیت هضم کل دستگاه گوارش Digestive tract total digestibility
غلاف باقلا خام Raw bean pods	87.13 ^{b}	1.50 ^{c}	87.06 ^{d}
غلاف باقلا فرآوری با ملاس Processed bean pods with Molasses			
۱/۵٪ ماده خشک با ملاس 1.5 % DM with Molasses	80.58 ^{f}	8.53 ^{bc}	82.23 ^{f}
۳٪ ماده خشک با ملاس 3% DM with Molasses	87.33 ^{b}	31.72 ^{a}	91.44 ^{b}
۴/۵٪ ماده خشک با ملاس 4.5% DM with Molasses	83.73 ^{d}	32.10 ^{a}	88.95 ^{c}
غلاف باقلا فرآوری با اوره (۱/۵ درصد ماده خشک) Processed with Urea (1.5 % DM)	83.42 ^{d}	10.41 ^{b}	85.25 ^{e}
غلاف باقلا فرآوری با ملاس+اوره Processed bean pods with Molasses+ Urea			
۱/۵٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 1.5 % with Molasses +1.5%with Urea (DM basis)	82.30 ^{e}	9.06 ^{bc}	82.92 ^{f}
۳٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 3 % with Molasses +1.5%with Urea (DM basis)	74.38 ^{g}	3.96 ^{bc}	75.40 ^{g}
۴/۵٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 4.5 % with Molasses +1.5%with Urea (DM basis)	85.27 ^{c}	10.99 ^{b}	85.17 ^{e}
پوسته خام دانه باقلا Bean seed raw hulls	85.29 ^{c}	5.73 ^{bc}	84.47 ^{e}
دانه خام باقلا Bean raw seeds	93.00 ^{a}	10.82 ^{b}	93.76 ^{a}
سطح معنی داری P- Value	0.01	0.01	0.01
میانگین خطای استاندارد SEM	0.79	2.04	0.85

[۱] میانگین‌های هر ستون با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

[1] Means within same column different superscripts differ (P< 0.05).

احتمالاً یکی از علل کمتر بودن میزان گاز تولیدی پوسته‌ی دانه در مقایسه با دانه باقلا به بالاتربودن میزان دیواره سلولی آن برمی‌گردد. بالاتربودن میزان گاز تولیدی دانه باقلا نسبت به پوسته و تیمارهای غلاف باقلا تقریباً در تمام زمان‌های انکوباسیون ناشی از کمتر بودن ADF و NDF آن می‌باشد که با گزارش برخی محققان(۲۵) مطابقت دارد؛ که گزارش نمودند در مقایسه گاز تولیدی برگ و دانه تعدادی از خوراک‌ها، مهمترین عامل مؤثر بر بیشتر بودن میزان گاز تولیدی دانه‌ها نسبت به برگ‌ها، کمتر بودن میزان ADF و

NDF آن‌ها می‌با شد. کمترین میزان گاز تولیدی در پایان ساعت ۹۶ انکوباسیون غلاف باقلای فرآوری شده با اوره (۱/۵ درصد ماده خشک) بود؛ که یکی از دلایل پایین بودن تولید گاز تغییر مسیر به سمت تولید توده میکروبی بیشتر در آن می‌باشد. تولید میزان تولید گاز در هر دو نوع فرآوری در زمان ۲ ساعت برابر صفر است، اما بعد از زمان ۲ تا ۲۴ ساعت، تولید گاز دارای دامنه بیشتر است که مربوط به بخش محلول (a) آن است. از زمان ساعت ۲۴ به بعد تولید گاز بیشتر می شود که مربوط به بخش تخمیری کند (b) می‌با شد. نرخ تولید گاز (c) مربوط به کربوهیدرات‌های سهل‌الهضم است که سریعاً در دسترس میکروب‌ها قرار می‌گیرد (۴۴) نتایج تحقیق حا ضر با یافته‌های لوپز و همکاران (۲۴) مطابقت دارد.

جدول ۵- حجم گاز تولیدی (میلی‌لیتر به ازای ۲۰۰ میلی‌گرم خوراک) غلاف، پوسته دانه و دانه باقلا[۱] فرآوری نشده و فرآوری شده با اوره و ملاس[۱]

Table 5- Volume of gas produced (mL /200 mgDM) of untreated and treated pods, seed hulls and seeds of Faba bean with urea and molasses[1]

مواد خوراکی Feeds	زمان (ساعت) Time (hour)								
	2	4	6	8	12	24	48	72	96
غلاف باقلا خام Raw bean pods	0	0.03	0.43^{b}	2.66^{b}	9.56^{b}	32.10^{b}	38.93^{bc}	48.46^{abc}	51.13^{ab}
غلاف باقلا فرآوری با ملاس Processed bean pods with Molasses									
۱/۵٪ ماده خشک با ملاس 1.5 % DM with Molasses	0.2	0.3	2.00^{a}	5.33^{a}	10.56^{b}	33.76^{b}	38.26^{bc}	44.13^{bc}	45.13^{bc}
۳٪ ماده خشک با ملاس 3% DM with Molasses	0.1	0.2	2.66^{a}	5^{a}	11.23^{b}	31.43^{b}	41.93^{ab}	54.13^{ab}	56.93^{a}
۴/۵٪ ماده خشک با ملاس 4.5% DM with Molasses	0	0.26	1.66^{a}	5.66^{a}	9.56^{b}	24.1^{c}	31.93^{bcd}	34.46^{cde}	36.3^{cde}
غلاف باقلا فرآوری با اوره (۱/۵ درصد ماده خشک) Processed with Urea (1.5 % DM)	0	0.03	0.13^{b}	0.33^{c}	0.43^{c}	1.90^{e}	17.93^{ef}	25.80^{def}	27.46^{ef}
غلاف باقلا فرآوری با ملاس+اوره Processed bean pods with Molasses+ Urea									
۱/۵٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 1.5 % Molasses +1.5% Urea (DM basis)	0	0	0.1^{b}	0.53^{c}	0.73^{c}	7.43^{e}	25.26^{de}	27.13^{cd}	40.63^{bcd}
۳٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 3 % Molasses +1.5% Urea (DM basis)	0	0.1	0.2^{b}	0.63^{c}	2.23^{c}	13.76^{d}	29.6^{cd}	42.46^{bc}	44.66^{bc}
۴/۵٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 4.5 % Molasses +1.5% Urea (DM basis)	0	0.06	0.13^{b}	0.36^{c}	0.6^{c}	4.23^{e}	17.26^{ef}	22.13^{ef}	30.3^{def}
پوسته خام دانه باقلا Bean seed raw hulls	0	0.13	0.26^{b}	0.6^{e}	0.8^{c}	3.76^{e}	10.26^{f}	16.8^{f}	20.3^{f}
دانه خام باقلا Bean raw seeds	0.1	0.2	2.13^{a}	4.66^{a}	13.56^{a}	46.1^{a}	50.6^{a}	58.8^{a}	60.3^{a}
سطح معنی داری P- Value	0.4	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
میانگین خطای استاندارد SEM	0.3	0.35	0.75	0.97	1.05	1.85	2.53	2.82	2.56

[۱] میانگین‌های هر ستون با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P<0.05$).

[1] Means within same column different superscripts differ ($P< 0.05$).

جدول۶ فراسنجه‌های تولید گاز ماده خشک را نشان می‌دهد. پتانسیل تولید گاز در غلاف باقلا فرآوری شده با ملاس (۳ درصد ماده خشک) و دانه باقلا به ترتیب با ۵۹/۴۴۸ و ۵۸/۰۳۵ میلی‌لیتر بیشترین مقدار را داشتند. از نظر فراسنجهA (گاز تولیدی از بخش محلول و بخش نامحلول برحسب میلی‌لیتر) اختلاف بین غلاف باقلای فرآوری شده با ۳٪ ملاس و ۱/۵٪ اوره با تیمار شاهد (غلاف باقلای بدون فرآوری) معنی‌دار نبود. همچنین نرخ ثابت تولید گاز در دانه باقلا با ۰/۰۸۹ میلی‌لیتر در ساعت، بیشترین مقدار را داشت. کمترین مقدار پتانسیل تولید گاز و نرخ ثابت تولید گاز در پوسته دانه می‌باشد. فراسنجه A (نرخ تجزیه‌پذیری سریع و نرخ (تجزیه‌پذیری کند) در بین تیمارهای عمل‌آوری شده غلاف باقلا به جز تیمار غلاف باقلای فرآوری شده با ملاس + اوره (۱/۵ + ۳ ماده خ شک) در مقای سه با تیمار شاهد، پوسته دانه و دانه باقلا اختلاف معنی‌داری نشان داد. بالا بودن مقدار فراسنجه A در تیمارهای ۳ و ۱۰ با میزان پروتئین خام آن

تیمارها مرتبط اســـت زیرا پروتئین موجود در لگوم‌ها تجزیه‌پذیری بالایی دارد (۱۴). بیشترین میزان تجزیه‌پذیری در تیمارهای آزمایشی در غلاف باقلا فرآوری شده با ملاس (۳درصد ماده خشک) با ۵۹/۴۵ میلی‌لیتر و کمترین مقدار تجزیه پذیری در پوســـته دانه (۲۸/۲۴ میلی‌لیتر) بود. بالاترین و پایین‌ترین نرخ ثابت تولید گاز (c) به ترتیب در دانه و پوسته دانه باقلا بود. در مقایسه با تیمار شاهد بین تیمارهای غلاف باقلا فرآوری شـــده با ۴/۵٪ ملاس و ۱/۵٪ اوره و غلاف باقلا فرآوری شده با اوره (۱/۵ درصد ماده خشک) اختلاف معنی‌داری وجود نداشـــت. همچنین زمان تأخیری (Lt) بین تیمارهای غلاف باقلای فرآوری شده با ملاس و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در این تیمارها به موازات افزایش ســـطح ملاس فاز تأخیری کاهش یافته‌است. بیشترین زمان تأخیری به ترتیب در تیمارهای آزمایشی ۶ و ۵ و کمترین زمان تأخیری در تیمار ۴ بود. فراســـنجه‌های تولید گاز در خوراک‌های مختلف، نشـــانگر تفاوت در ترکیبات شـــیمیایی، به ویژه؛ کربوهیدرات‌های قابل تخمیر، پروتئین خام، دیواره ســـلولی و غیره می‌با شد (۲۳). نرخ گاز تولیدی نسبت به مواد آلی تخمیر شده با طول زمان تخمیر متفاوت اســت. در زمان‌های طولانی‌تر انکوباســیون، ماده آلی کمتری برای تولید حجم مساوی گاز نسبت به زمان‌های کوتاه‌تر انکوباسیون، لازم است. کل گاز تولیدی صرف نظر از مدت انکوباسیون با اندازه‌گیری مقادیر اسـیدهای چرب آزاد تولید شـده، قابل پیش بینی است (۵). ۵۰ درصد از کل گاز تولیدی، دی اکسید کربن و متان ناشی از تخمیر مستقیم است که با روش‌های استوکیومتری قابل محاسبه است و بقیه آن ناشی از آزاد شدن گاز دی‌اکسید کربن بافر است (۲۶).

جدول ٦– فراسنجه‌های تولید گاز ماده خشک غلاف، پوسته دانه و دانه باقلا[۱] فرآوری نشده و فرآوری شده[۱]

Table 6- Gas production parameters of untreated and treated pods, seed hulls and seeds of Faba bean with urea and molasses[1]

مواد خوراکی Feeds	فراسنجه‌های تولید گاز / Gas production parameters پتانسیل تولید گاز (میلی‌لیتر) A (a+b)[2] (mL)	نرخ ثابت تولید گاز (برحسب میلی‌لیتر بر ساعت) C[3] (mL/h)	فاز تاخیر (ساعت) Lag Time (h)
غلاف باقلا خام Raw bean pods	50.37[abc]	0.04[bcde]	6.79[c]
غلاف باقلا فرآوری با ملاس Processed bean pods with Molasses			
۱/۵٪ ماده خشک با ملاس 1.5 % DM with Molasses	44.12[bcd]	0.06[abc]	6.63[c]
۳٪ ماده خشک با ملاس 3% DM with Molasses	59.44[a]	0.03[cde]	5.61[c]
۴/۵٪ ماده خشک با ملاس 4.5% DM with Molasses	35.91[cde]	0.05[abcd]	5.37[c]
غلاف باقلا فرآوری با اوره (۱/۵ درصد ماده خشک) Processed with Urea (1.5 % DM)	29.61[de]	0.04[bcde]	24.42[a]
غلاف باقلا فرآوری با ملاس+اوره Processed bean pods with Molasses+ Urea			
۱/۵٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 1.5 % Molasses +1.5% Urea (DM basis)	40.99[cde]	0.07[ab]	26.30[a]
۳٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 3 % Molasses +1.5% Urea (DM basis)	50.69[abc]	0.02[de]	12.91[bc]
۴/۵٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 4.5 % Molasses +1.5% Urea (DM basis)	33.42[de]	0.04[bcde]	18.76[ab]
پوسته خام دانه باقلا Bean seed raw hulls	28.32[e]	0.01[e]	13.38[bc]
دانه خام باقلا Bean raw seeds	58.03[ab]	0.08[a]	8.09[c]
سطح معنی داری P- Value	0.01	0.01	0.01
میانگین خطای استاندارد SEM	2.83	0.13	2.31

[۱] میانگین‌های هر ستون با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

[1] Means within same column different superscripts differ (P< 0.05).
[2] A (a+b): Potential degradability.
[3] C: Rate conctant.

نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج رحیمی و همکاران (۴۰) مطابقت ندارد. این عدم تطابق ممکن است به دلیل نوع آزمایش، خطای اندازه‌گیری، گونه و ارقام باقلا باشد. برآورد قابلیت هضم ماده آلی، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، انرژی قابل متابولیسم و پروتئین میکروبی درجدول ۷ ارایه شده‌است. روند قابلیت هضم ماده آلی، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، انرژی قابل متابولیسم و پروتئین میکروبی در بین تیمارهای مختلف معنی‌دار شده‌است (P<۰/۰۵). بیشترین میزان انرژی قابل متابولیسم (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک)، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول) و قابلیت هضم ماده آلی (درصد) مربوط به دانه باقلا به ترتیب ۸/۹۴ ، ۱/۰۱۹ و ۵۸/۹۱ و کمترین میزان در تیمار ۵ به ترتیب ۲/۷۷، ۰/۰۳۷ و ۱۸/۷۴ مشاهده شد.

جدول ۷- فراسنجه‌های تغذیه‌ای برآوردی برای غلاف، پوسته دانه و دانه باقلا فرآوری نشده و فرآوری شده با استفاده از آزمون گاز[۱]

Table 7- Estimated nutritional parameters for untreated and treated pods, seed hulls and seeds Faba bean using gas test[1]

مواد خوراکی Feeds	فراسنجه‌های تغذیه‌ای Nutritional parameter قابلیت هضم ماده آلی (٪) DOM[2] (%)	اسیدهای چرب‌کوتاه زنجیر (میلی‌مول بر ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، SCFA[3] (mmol /200mgDM)	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول بر کیلوگرم)، ME[4](MJ/kg DM)	پروتئین میکروبی (گرم برکیلوگرم ماده آلی قابل هضم) MP[5](g/kg OMD)
غلاف باقلا خام Raw bean pods	46.145^{b}	0.708^{b}	7.017^{b}	55.662^{b}
غلاف باقلا فرآوری با ملاس Processed bean pods with Molasses				
۱/۵٪ ماده خشک با ملاس 1.5 % DM with Molasses	47.801^{b}	0.745^{b}	7.083^{b}	57.659^{b}
۳٪ ماده خشک با ملاس 3% DM with Molasses	45.518^{b}	0.693^{b}	6.954^{b}	54.906^{b}
۴/۵٪ ماده خشک با ملاس 4.5% DM with Molasses	38.823^{c}	0.530^{c}	5.795^{b}	46.831^{c}
غلاف باقلا فرآوری با اوره (۱/۵ درصد ماده خشک) Processed with Urea (1.5 % DM)	18.736^{e}	0.037^{e}	2.766^{d}	22.601^{e}
غلاف باقلا فرآوری با ملاس+اوره Processed bean pods with Molasses+ Urea				
۱/۵٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 1.5 % Molasses +1.5% Urea (DM basis)	23.658^{e}	0.160^{e}	3.485^{cd}	28.538^{e}
۳٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 3 % Molasses +1.5% Urea (DM basis)	29.411^{d}	0.301^{d}	4.369^{c}	35.478^{d}
۴/۵٪ با ملاس و ۱/۵٪ با اوره (برپایه ماده خشک) 4.5 % Molasses +1.5% Urea (DM basis)	20.776^{e}	0.089^{e}	3.125^{cd}	25.061^{e}
پوسته خام دانه باقلا Bean seed raw hulls	20.424^{e}	0.079^{e}	3.016^{cd}	24.637^{e}
دانه خام باقلا Bean raw seeds	58.910^{a}	1.019^{a}	8.942^{a}	71.061^{a}
سطح معنی داری P- Value	0.01	0.01	0.01	0.01
میانگین خطای استاندارد SEM	1.83	0.27	0.91	2.01

[۱] میانگین‌های هر ستون با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

[1]Means within same column different superscripts differ (P< 0.05).
[2]DOM: Digestibtible organic matter.
[3]SCFA: Short-chain fatty acid.
[4]ME: Metabolizable energy.
[5]MP: Microbial protein.

هدایت هیلمن و همکاران (۱۹) گزارش کردند که تولید گاز با سنتز پروتئین میکروبی ارتباط مثبت دارد. در بررسی‌ها و آزمایش‌های انجام شده استفاده از اوره به عنوان تأمین کننده منبع نیتروژن غیرپروتئینی در تغذیه دام موجب کاهش قیمت تمام شده خوراک و

بهبود ســـنتز پروتئین میکروبی شـــده‌اســـت. زمانی که منبع پروتئینی تجزیه‌پذیر در اختیار میکروب‌ها قرار گیرد، برداشت آمونیاک از شکمبه به میکروارگانیسم‌ها افزایش یافته و تولید پروتئین میکروبی را افزایش می‌دهد (۷). جیره دارای اوره ســاده نســبت به ســایر جیره‌ها در مهار آمونیاک و اســتفاده از آن در جهت ســاخت پروتئین میکروبی قدرت کمتری دارد. همان طوری که در نتایج ســـنتز پروتئین میکروبی (گرم برکیلوگرم ماده آلی قابل هضـم) مشـاهده می‌شـود در بین تیمارهای غلاف باقلا بیشترین مقدار تولید پروتئین میکروبی در تیمار شماره ۲ و کمترین میزان تولید پروتئین میکروبی مربوط به تیمار شـــماره ۵ می‌باشد.

این درحالی است که در بین تمام تیمارهای آزمایشـی بیشـترین مقدار پروتئین میکروبی برحسب گرم برکیلوگرم ماده آلی قابل هضم مربوط به دانه باقلا و کمترین آن مربوط به غلاف باقلا فرآوری شـده با اوره (۱/۵ درصد ماده خشک) می‌باشد. چون سنتز پروتئین میکروبی برحسب گرم در کیلوگرم ماده آلی قابل هضم می‌باشد، در نتیجه تیمار آزمایشی که بیشترین میزان قابلیت هضم ماده آلی را دارد، میزان سنتز پروتئین میکروبی آن نیز بیشتر است. محققین زیادی (۱، ۱۵، ۱۸و۳۰) گزارش کردند که همبستگی بالایی بین میزان انرژی قابل متابولیسم و گاز تولید شده در ۲۴ ساعت و ترکیب شیمیایی مواد خوراکی وجود دارد که در این تحقیق نیز در بین تیمار های غلاف باقلا، تیمار ۲ (غلاف باقلای فرآوری شده با ملاس ۱/۵درصد ماده خشک) و در بین کل تیمارهای آزمایشـــی، دانه باقلا میزان گاز تولیدی در ۲۴ ســـاعت پس از انکوباسـیون و در نتیجه انرژی قابل متابولیسـم بیشـتری را در مقایسه با دیگر تیمارهای آزمایشی داشت.

به طور کلی وجود تفاوت معنی‌دار بین ترکیبات شـیمیایی، قابلیت هضـم و میزان تولید گاز غلاف، پوسـته و دانه باقلا باعث اختلاف در فراسـنجه های تجزیه پذیری، اسـیدهای چرب فرار، انرژی قابل متابولیسم و در کل ارزش غذایی آن‌ها شد. نتایج این پژوهش از نظر میزان انرژی قابل متابولیســم غلاف باقلا مطابق با نتایج بعضـی از پژوهش‌ها (۴۰) بود لیکن از نظر میزان قابلیت هضــم ماده آلی و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر غلاف و دانه باقلا هم خوانی نداشت (۱۱، ۱۴ و۴۱).

نتیجه‌گیری کلی

تنوع در نتایج پژوهش‌های مخالف با نتایج این آزمایش در مورد تأثیر مقدار ملاس و مقدار ثابت اوره بر ارزش غذایی و پارامترهای تغذیه ای اجزای مختلف باقلا، بستگی به سطح و کیفیت فرآوری و فرآهمی کربوهیدرات سهل الهضم برای همزمانی ماده مغذی تامینی دارد. در این آزمایش مقدار ترکیبات شـیمیایی، پتانسـیل و نرخ تولید گاز، ماده آلی قابل هضم، انرژی قابل متابولیسم، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و پروتئین میکروبی بین اجزای مختلف باقلا اختلاف معنی‌دار داشتند. هرچند که مطالعات بیشتری در خصوص تعیین بهترین درصد افزودن ملاس با سطوح متفاوت اوره و یا استفاده از سایر ترکیباتی که قادر به ایجاد پیونـــد بـــا ترکیبات ضد تغذیه ای احتمالی هستند ضروری به نظر می رسد لیکن فرآوری غلاف باقلا با ۳٪ ملاس و ۱/۵٪ اوره به دلیل فراهمی همزمان و مناســب اسکلت کربنی و مواد نیتروژنه موجب کاهش میزان الیاف نامحلول در شـویندهٔ اسـیدی آن و به عبارتی افزایش قابلیت هضـم آن شـد. همچنین دانه باقلا با پروتئین حدود ۲۴/۷۱ درصـــد و انرژی قابل متابولیســـم ۸/۹۴ مگاژول برکیلوگرم دارای ارزش غذایی خوبی برای تغذیه دام اسـت. لیکن غلاف باقلا با توجه به بهبود قابلیت هضــم با فرآوری نیز ارزش تغذیه‌ای مناســبی به عنوان منبع فیبر غیرعلوفه‌ای برای نشخوارکنندگان دارد.

منابع

1- Ammar, H., S. Lopez, and J. S. Gonzalez. 2005. Assessment of the digestibility of some Mediterranean shrubs by *in vitro* techniques. Journal of Animal Feed Science and Technology, 119(3-4): 323 –331.

2- ANKOM Technology. 2008. Procedures for fiber and in vitro analysis. Available at http://www.ankom. com. Accessed November 2018.

3- Anonymous. 2012. Iranian Agricultural Statistics. General Department of Statistics and Information of the Ministry of Agriculture. Available at http://www. iana.ir/ keshavarzi /itemlist/tag.

4- AOAC International. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.

5- Blummel, M., H. P. S. Makkar, and K. Becker. 1997. *In vitro* gas production: A technique revisited. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 77(1-5): 24 -34.

6- Boda, K. 1990. Non convention feedstuff in the nutrition of farm animals. Elsevier Applied Science Publisher Co, New York.

7- Broderick, G. A., N. D. Luchini, S. M. Reynal, G. A. Varga, and V. A. Ishler. 2008. Effect on production of replacing dietary starch with sucrose in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 91(12): 4801 -4810.

8- Chaudhry, A. S. 2000. Rumen degradation *in sacco* in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and sodium hydroxide plus hydrogen peroxide. Journal of Animal Feed Science and Technology, 83(3-4): 313 -323.

9- Crepon, K., P. Marget, C. Peyronnet, B. Carrouee, P. Arese, and G. Duc. 2010. Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food. Field Crops Research, 115(3): 329-339.
10- Czerkawski, J. W. 1986. An introduction to rumen studies. Pergamon Press, Oxford, UK
11- Dalvand, M., M. H. Beiranvand, and B. Yarahmadi. 2016. The use of faba bean spilt waste on livestock performance. The 6th Iranian Pulse Crops Symposium. Agricultural and Natural Research and Education Center of Lorestan Province. Khorramabad. Iran. (In Persian).
12- Delavar, M, and M. Danesh Mesgaran. 2003. Determination of chemical and digestive (ruminal and intestinal) parameters of alfalfa treated with urea and sulfuric acid and its effect on the production and composition of milk in lactating cows. Journal of Agricultural Science and Technology, 17(2): 219-231 (In Persian).
13- Di Grigoli, A., G. Tornambe, A. Bonanno, and G. Di Miceli. 2005. Effects of protein concentrate different from soya bean on growth performances and meat quality of 130 days lambs. Rencontre Recherche Ruminants, 12(1): 392-398.
14- Dixon, R. M, and B. J. Hosking. 1992. Nutritional value of grain legumes for ruminants. Nutrition Research Reviews, 5(1): 19 -43.
15- Getachew, G., E. J. DePeters, P. H. Robinson, and J. G. Fadel. 2005. Use of an in vitro rumen gas production technique to evaluate microbial fermentation of ruminant feeds and its impact on fermentation products. Journal of Animal Feed Science and Technology, 123–124: 547 -559.
16- Getachew, G., H. P. S. Makkar, and K. Becker. 1998. The in vitro gas coupled with ammonia measurement for evaluation of nitrogen degradability in low quality roughages using incubation medium of different buffering capacity. Journal of the Science of Food and Agriculture, 77(1): 87-95.
17- Guney, M., M. Demirel, S. Celik, Y. Bakici, and T. Levendoglu. 2007. Effects of urea, molasses and urea plus molasses supplementation to sorghum silage on the silage quality, in vitro organic matter digestibility and metabolic energy contents. Journal of Biological Sciences, 7(2): 401 - 404.
18- Gurbaz, Y. 2007. Determination of nutritive value of leaves of several *Vitis vinifera* varietieties as a source of alternative feedstuff for sheep using in vitro and in situ measurements. Small Ruminant Research, 71(1-3): 59 -66.
19- Hidayat, Hillman, K., C. J. Newbold, and C. S. Stewart. 1993. The contribution of bacteria and protozoa to ruminal forage fermentation in vitro as determined by microbial gas production. Journal of Animal Feed Science and Technology, 42(3-4): 193 -208.
20- Holden, I. A. 1999. Comparison of method of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. Journal of Dairy Science, 82(8): 1791-1794.
21- Hue, Kh. T., D. T. Thanh, and I. Ledin. 2008. Effect of supplementing urea treated rice straw and molasses with different forage species on the performance of lambs. Small Ruminant Research, 78(1-3): 134 –143.
22- Keskun, B, and Ü. H. Yilmaz. 2005. Effects of urea or urea plus molasses supplementation to silages with different sorghum varieties harvested at the milk stage on the quality and *in vitro* dry matter digestibility of silages. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 29(5): 1143 -147.
23- Khanum, S. A., T.Yaqoob, S. Sadaf, M. Hussain, M. A. Jabbar, H. N. Hussain, R. Kausar, and S. Rehman. 2007. Nutritional evaluation of various feedstuffs for livestock production using in vitro gas method. The Pakistan Veterinary Journal, 27(3): 129-133.
24- Lopez, S., M. S. Dhanoa, J. Dijkstra, A. Bannink, E. Kebreab, and J. France. 2007. Some methodological and analytical considerations regarding application of the gas production technique. Journal of Animal Feed Science and Technology, 135(1): 139 - 156.
25- Mahala, A. G, and A. N. F. Elseed. 2007. Chemical composition and *in vitro* gas production characteristics of six fodder trees leaves and seeds. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3(1): 983 -986.
26- Makkar, H. S. P. 2004. Recent advances in the in vitro gas method for evaluation of nutritional quality of feed resources. Assessing quality and safety of animal feeds. FAO, 160: 55-86.
27- Mateos-Aparicio, I., A. Redondo-Cuenca, M. J. Villanueva-Suarez, and M. A. Zapata-Revilla. 2010. Pea pod, broad bean pod and okara, potential sources of functional compounds. LWT - Food Science and Technology, 43(9): 1467-1470.
28- McDonald, P., A. R. Henderson, and S. J. E. Heron. 1991. The Biochemistry of Silage. 2nd ed. Chalcombe Publications, Marlow, Bucks, UK.
29- McNiven, M. A., E. Prestløkken, L. T. Mydland, and A. W. Mitchell. 2002. Laboratory procedure to determine protein digestibility of heat-treated feedstuffs for dairy cattle. Journal of Animal Feed Science and Technology, 96(1): 1 -13.
30- Menke, K, and H. Steinggass. 1988. Estimation of the energetic feed value from chemical analyses and *in vitro* gas production using rumen fluid. Animal Research and Development, 28(1):7-55.
31- Menke, K.., L. Raa, H. Steingass, D. Fritz, and W. Scheider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production technique when they are incubated with rumen liquor in vitro. Journal of Agricultural Science Cambridge, 93(1): 217 -222.
32- Moore, K. J, and J. H. Cherney. 1986. Digestion kinetics of sequentially extracted cell components of forages.

Journal of Crop Science, 26(6): 1230 -1235.
33- Navid Shad, B, and A. R. Jafari Saiyadi. 2006. Animal Nutrition. Haghshenas Press, Rasht, Iran. (In Persian).
34- Nocek, J. E. 1988. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A Review. Journal of Dairy Science, 71(8): 2051 -2069.
35- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
36- Ørskov, E. R, and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science Cambridge, 92(2):499 - 503.
37- Pasandi, M. 2014. Determination of digestibility and utilization of ensiled broad bean stover on performance of fattening Dalagh lambs. Animal Science (Pajouhesh & Sazandegi), 27(104): 17-24. (In Persian).
38- Pasandi, M., N. M. Torbatinejad, H. Golam, and M. H. Okhovvat. 2009. Effects of wheat straw and molasses addition silage characteristics of broad bean residues. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 16(1):76-81. (In Persian).
39- Paya, H., A. Taghizadeh, H. Janmohammadi, and G. A. Moghadam. 2007. Nutrient digestibility and gas production of some tropical feeds used in ruminant diets estimated by the in vivo and in vitro gas production techniques . American Journal Animal and Veterinary Science, 2 (4): 108-113.
40- Rahimi, A., A. Naserian., S. H. Ebrahimi, Z. Zarnegar, M. R. Amini, M, Jorian, and S. Roshandel. 2016. Determination of the nutritional value of different parts of *Vicia faba* and shell of different kinds of citrus using *in vitro* gas production technique. Page 1-5 in Proc. 7th Iranian Congress of Animal Sciences, Collage of Agriculture and Natural Resources University of Tehran, Karaj, Iran. (In Persian).
41- Romos Morales, E., M. R. Sanz Sampelayo, and E. Molina Alcaide. 2010. Nutritive evaluation of legume seeds for ruminant feeding. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 94(1): 55-64.
42- SAS Institute Inc., 2003. Statistical Analysis System (SAS) User's Guide, SAS Institute, Cary, NC, USA.
43- Sibel, C., C. Budag, M. Demirel, Y. Bakici, and S. Celik. 2009. The Effects of Adding urea and molasses to corn harvested at dough stage on silage fermentation quality, in vitro organic matter digestibility and metabolic energy contents. Journal of Animal and Veterinary Advances, 8(10): 1921 -1924.
44- Songsak, C., C. Anut, and C. Piyante. 2007. Chemical compositions and nutritional evaluation of energy feeds for ruminant using in vitro gas production technique. Pakistan Journal of Nutrition, 6(6): 607-612.
45- Vakili, S. A., M. Danesh Mesgaran, and A. M. Tahmasbi. 2008. Digestion and Metabolism in Ruminants. Ferdowsi University of Mashhad press, Mashhad, Iran. (In Persian).

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 12, No. 2, Summer 2020, p. 151-167

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۱۶۷-۱۵۱

The Determination of Chemical Characteristics, Rumen Fermentation and Digestibility of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Seeds, Pods and Seed Hulls by *In Vitro* Methods

S. Badrzadeh Orange[1], J. Seifdavati[2*], F. Mirzaei Aghjeh Qeshlagh[3], H. Abdi Benemar[2], R. Seyed Sharifi[2]
Submitted: 10-12-2018
Accepted: 07-07-2019

Introduction Pulses are important crops belonging to the Leguminosae family. Faba bean (*Vicia faba* L.) production has a long history of numerous and valuable uses in feed and food. Faba beans have been successfully used as a substitute for soybean meal or rapeseed meal in dairy cow rations. Faba bean pods can be used as feed for ruminants. Good quality silage can be made from faba bean plants. Technological treatments may have an impact on the degradability of nitrogen of faba bean. Molasses-urea mixed is a liquid feed supplement suitable for adding into the dry part of the diet or any other component during the processing of complete mashes or feeds. The purpose of the study was the determination of nutritional value of pods, seed hulls and seeds of faba bean *(vicia faba* L.) and survey the effect of different levels of urea and molasses on nutritional value faba bean pods silage using *in vitro* methods.

Materials and Methods In order to determine the chemical composition and in vitro ruminal degradability pods, seed hulls and seeds of faba bean cell wall, nylon bag and test gas technique were applied. After preparation of faba bean and isolating pods, seed hulls and seeds and drying, chemical composition analysis for dry matter, crude protein, ether extract, organic matter, ash, neutral detergent fibre (NDF) and acid detergent fibre (ADF) were done as AOAC. This research was carried out in a completely randomized design with 10 treatments and 3 replicates per treatment in two runs including: 1- faba bean pods of untreated (control), 2- faba bean pods of processed molasses (1.5% DM), 3- faba bean pods processed with molasses (3% DM), 4 - faba bean pods of processed molasses (4.5% DM), 5 - pods processed with urea (1.5% DM), 6- faba bean pods processed with molasses + urea (1.5% and 1.5% DM), 7 - faba bean pods of processed caraway with molasses + urea (3 and 1.5% DM, respectively), 8 - faba bean pods of processed with molasses + urea (4. 5% and 1.5% DM), 9- seeds hulls of faba bean and 10- faba bean seeds. Faba bean pod processing with urea and molasses was performed according to Chaudhry method (2000a) and Hue et al (2008) method. The digestibility of rumen according to Holden (1999) method and digestibility of intestinal according to Mc Niven method were investigated inside the simulator's (Diasy[II] Incubator) digestive tract incubated. Amount and rate of gas production were estimated according to Orskov and McDonald model. The amount of DMD, OMD, DOMD (in percentage terms) and ME (in MJ/kg) for the amount of gas production at 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, 72, and 96 hours after incubation were recorded and the average parameters of fermentation with gas production (ml /200 mg DM), in vitro OMD (percent), ME (MJ/kg DM) and short-chain fatty acids (mmol) were calculated. This experiment was conducted in a completely randomized design with 10 treatments and 3 replicates by 2 run in each treatment and analyzed using Mixed procedure of SAS.

Results and Discussion There was a significant difference between treatments in the chemical composition of different parts of faba bean. Treatment compounds 5, 6 and treatment compound 7 were the highest and the lowest ADF, respectively. Processing faba bean pods with 3% of DM molasses +1.5% of DM urea reduced ADF due to at the same time the provision and suitable carbon skeleton and nitrogen materials and in the other words lead to increasing digestibility faba bean pods. Also results in this experiment showed that the ruminal DM and CP digestibility of treatments were significant. The highest DM digestibility was related to faba bean seeds and pods of processed with molasses and urea (3-1.5) and (4.5-1.5), respectively, and the lowest DM digestibility was related to seed hulls. With increased levels of molasses, total the digestive tract DM digestibility of bean pods had increased. The post ruminal digestibility was not significantly different between treatments of bean pod silage

1- MSC Graduated, Department of Animal Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran,
2- Associates Professor, Department of Animal Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran,
3- Professor, Department of Animal Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
(*- Corresponding Author Email: jseifdavati@uma.ac.ir)
DOI:10.22067/ijasr.v12i2.77137

except for treatments 3 and 4 compared to control.

The comparison of the process gas produced (ml/200 mg DM) of showed that the highest amount of gas produced was in the 24 hours after incubation in faba bean pod treatments in molasses (1.5% dry matter) resulting in more ME compared to control treatment. Among all treatments, the highest produced gas in the 96 hours after incubation was related to faba bean seeds due to (60.3 ml/200 mg DM), and therefore, the ME was higher, and the lowest amount was related to faba seed hulls (20.3 ml/200 mg DM). Probably one of the reasons for lowering the amount of gas produced in the faba seed hulls compared to the bean seeds is related to the highest cell wall of hulls.

Conclusion The variation in the results of opposite studies with the results of this experiment on the nutritional value of the different faba bean components depends on the level and quality of the processing and the amounts of rapidly digested carbohydrate for facilitating the synergy of nutrient supply. In this experiment, the chemical composition, potential and rate of gas production, OMD, ME, SCFA and MP were significantly different between different bean components. Although more studies are needed to determine the best percentage of addition of molasses to different levels of urea or the use of other compounds that are able to bind to possible anti-nutritional compounds, but bean pod processing with 3% molasses and 1.5% urea caused a decrease in the amount of ADF, in other words, its digestibility, due to its coherent and suitable synchronicity with the carbon frames and nitrogenous materials. The seed of faba bean had the heist nutritional value than other parts of faba bean and amount of NDF was the highest in seed hulls. Totally seed of faba bean with 24.71% CP and 8.94 Mj/kg ME is a valuable nutritional source for feeding of animal. But the bean pods also have a good nutritional value as a non-forage fiber source for ruminants.

Keywords: Chemical composition, Digestibility, Faba bean, Gas production, Nutritional value.